

## Különböző magyarországi talajok szacharázaktivitásának összehasonlító vizsgálata

BREZOVCSEKNÉ ANTAL MÁRIA és ANTON ATTILA

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet, Budapest

A talajban előforduló enzimek, mint az élő szervezetek produktumai, sajátos helyet foglalnak el a különböző talajalkotók között, mind eredetüket, mind pedig szerepüket tekintve. Nem férhet azonban kétség ahhoz, hogy jelentőségük a talajok anyagforgalmi dinamikájában rendkívül nagy, akár a szintézises, akár a lebontási folyamatokat tekintjük. Ezzel magyarázható, hogy a talajenzimológia, mint biodiagnosztikai módszer az utóbbi időben széles körben nyer alkalmazást, különösen az intenzív műtrágyázás [8, 9, 12], a peszticidek [2], valamint különböző szennyvizek és iszapjaik talajbiológiai hatásának vizsgálatára [3, 14].

Számos közlemény számol be a talajtermékenység és a talajenzimek aktivitásának összefüggéseiről. GALSZTJAN [4], SCSEBBAKOV [11], valamint ROSS és munkatársai [10] szerint a talajok szacharázaktivitása jellemző mutatója lehet a különböző talajokban végbemenő biológiai és biokémiai folyamatoknak. HOFFMANN és PFITSCHER [7] talajenzimológiai és más talajbiológiai paraméterek összehasonlítása során megállapította, hogy egyes esetekben az előbbieket magas szignifikanciaszinten korreláltak a talajok nitrogén-, szén-, és szervesanyag-tartalmával, valamint  $\text{CO}_2$ -termelésével. Az enzimaktivitás értékei és más talajsajátosságok viszont nem mutattak közvetlen összefüggést a talajban élő mikroorganizmusok számával.

Munkánk során eltérő fizikai és kémiai tulajdonságú talajokról begyűjtött talajminták szacharázaktivitását határoztuk meg. Ezen túlmenően vizsgáltuk, hogy a NPK-műtrágya, valamint cellulóz szénforrás talajba vitele milyen mértékben befolyásolja a talajminták szacharázaktivitását. Célunk volt továbbá a talajok fizikai, kémiai és respirációs jellemzői, valamint a szacharázaktivitás közötti összefüggések megismerése is.

### Anyag és módszer

A vizsgált talajminták az ország 25 helyéről, szántóföldi művelés alatt álló területek 0—25 cm mélységű, szántott rétegéből származnak. A talajminták főbb fizikai és kémiai sajátosságainak, valamint alaprespirációjának mutatóit az 1. táblázatban közöljük. A talajfizikai és -kémiai analíziseket és a respirációs méréseket az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében végezték. Az előbbieket FÜLEKY GYÖRGY bocsátotta rendelkezésünkre, az utóbbiakat pedig SZEGI és munkatársai [16] közléséből vettük át.

I. táblázat  
A vizsgált talajok kémiai és fizikai sajátosságai és respirációs aktivitása

A vizsgált talajok kémiai és fizikai sajátosságai

(1) A talajminta sor- száma és származási helye	(2) Talajtípus	(3) Felvehető*			(4) Kicsérélhető		pH <sub>(KCl)</sub>	(5) Fizikai agyag %/fizikai homok, %	(6) Szervesanyag- tartalom, %	(7) Talajlégzés, CO <sub>2</sub> „C” mg/100 g talaj/8 hét
		N	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>				
1. Órbottyán	a) meszes, gyengén humuszos homok	1,4	0,8	5,7	187,2	14,9	7,6	89:11	1,03	53,6
2. Magyaregregy	b) erdőtalaj, pannon agyagon	1,2	2,2	13,4	549,0	87,8	5,2	49:51	1,06	46,1
3. Nagykanizsa	c) agyagbemosódásos barna erdőtalaj	5,6	3,4	14,3	69,8	32,5	4,4	71:29	1,64	50,8
4. Kenyeri	c) agyagbemosódásos barna erdőtalaj	4,4	4,8	9,3	219,6	11,9	6,2	71:29	1,96	48,6
5. Putnok	c) agyagbemosódásos barna erdőtalaj	3,6	2,7	15,8	250,0	35,5	3,9	46:54	2,21	55,2
6. Ragály	c) agyagbemosódásos barna erdőtalaj	4,9	0,5	11,1	99,8	35,5	3,4	49:51	3,54	58,6
7. Szentgyörgyvölgy	d) pszeudoglejes barna erdőtalaj	3,0	1,1	6,3	139,8	36,0	5,2	68:32	1,35	53,4
8. Keszthely	e) Ramann-féle barna erdőtalaj	2,0	0,6	9,8	269,4	21,7	6,7	65:35	1,67	40,4
9. Nyírlugos	f) kovarányos barna erdőtalaj	0,6	1,3	4,8	10,0	4,4	4,0	94:6	0,41	38,6
10. Kompolt	g) csernozjom barna erdőtalaj	3,1	1,0	15,4	616,6	44,5	5,1	41:59	3,41	52,0
11. Hajdúszoboszló	h) csernozjom	3,6	1,5	17,5	618,8	48,8	6,0	48:52	4,70	65,1
12. Mezőhegyes	h) csernozjom	6,4	1,3	21,1	858,4	35,5	7,1	47:53	4,20	65,8
13. Csávoly	h) csernozjom	7,3	3,8	27,7	529,0	25,1	7,1	69:31	3,57	71,2
14. Nagyhorcsók	i) mészeledékes csernozjom	3,5	1,1	21,2	583,4	16,4	7,1	64:36	3,46	72,8
15. Martonvásár	j) erdőmaradványos csernozjom	3,3	1,1	17,7	568,8	40,0	6,3	50:50	2,62	53,4

16. Orosháza	k) mélyben szolonyeces csernozjom	4,3	0,8	22,3	700,0	32,2	7,1	51,49	3,72	71,5
17. Hajdúszörmény	l) réti szolonyec	5,3	0,9	14,5	948,2	80,4	5,8	40,60	6,73	67,1
18. Karcag	m) szteppesedő réti szolonyec	7,2	1,1	29,6	568,8	65,6	4,8	25,75	4,13	56,7
19. Agyagösszegény	n) karbonátos réti talaj	5,2	4,9	19,7	833,4	39,5	7,1	64,36	6,70	75,7
20. Hosszúhát	o) réti talaj	5,8	1,7	28,3	463,0	155,9	5,6	42,58	3,39	47,0
21. Tiborszállás	p) láptalaj	11,6	5,3	59,8	700,0	44,5	3,6	60,40	nagy	220,5
22. Új-Szeged	r) Tisza-öntés	1,6	1,5	12,5	429,2	23,8	7,1	56,44	1,23	52,0
23. Magyaróvár	s) Duna-öntés	3,4	2,9	13,3	509,0	21,7	7,2	41,59	2,40	54,0
24. Szarvas	t) Körös-öntés	4,6	3,1	25,8	499,0	74,0	5,0	46,54	1,55	55,9
25. Ózsákpuszta	u) agyagos öntés	2,1	0,6	11,8	648,8	72,6	7,0	26,74	3,17	69,5

\* N: Warring—Bremner szerint; P: Olsen szerint; K: AL-oldható

# 6. táblázat

Parciális korrelációs koefficiensek a különböző talajsajátosságok és a szacharázaktivitás között  
(24 adatpár)

(1) Kerülések	(2) N (Warring—Brem- mer szerint)	(3) Olsen-P mg/100 g talaj	(4) AL—K	(5) Kicsérélhető Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup>	(6) pH <sub>KCl</sub>	(7) Szerves anyag, % (Tyurin szerint)	(8) CO <sub>2</sub> „C” mg/100 g talaj
1. Érdeti talaj	0,7583***	—0,0626	0,6512**	0,3810	—0,2392	0,5465**	0,2632
2. Talaj + desztillált víz (DV)	0,6881***	—0,0906	0,6930***	0,4725*	—0,1448	0,5505**	0,2781
3. Talaj + DV + NPK	0,6952***	—0,1047	0,6694***	0,4728*	—0,1555	0,5660**	0,2728
4. Talaj + DV + cellulóz	0,6592***	—0,1329	0,6368**	0,4848*	—0,1655	0,5641**	0,2665
5. Talaj + DV + NPK + cellulóz	0,6737***	—0,1331	0,6424**	0,5086*	—0,1425	0,5860**	0,2966

\*\*\* P = 99,9% ; \*\* P = 99,0% ; \* P = 95,0%

Célkitűzésünknek megfelelően meghatároztuk az eredeti, kezelt talajminták, valamint laboratóriumi respirációs kísérletben [16], optimális hőmérsékleti és nedvességsz viszonyok mellett NPK-tápanyag és cellulóz szénforrás hozzáadásával, illetve anélkül érlelt talajminták szacharázaktivitását.

A respirációs kísérlet kezelése az alábbiak voltak:

1. Talaj + desztillált víz
2. Talaj + desztillált víz + NPK
3. Talaj + desztillált víz + cellulóz
4. Talaj + desztillált víz + NPK + cellulóz.

A respirációs kísérlet variánsait három ismétlésben állították be. A respirációs edények 150 g légszáraz talajt tartalmaztak. Az ásványi tápanyagokat (NPK) vizes oldat formájában juttatták a talajba: 7,5 mg% N-,  $P_2O_5$ - és  $K_2O$ -hatóanyag-tartalomnak megfelelő mennyiségben. A tápanyagforrás  $NH_4NO_3$ ,  $KH_2PO_4$  és

## 2. táblázat

### A talajminták szacharázaktivitásának alakulása a különböző kezelések hatására

(1) A talajminta sorszáma és származási helye	(2) Szacharázaktivitás (mg glükóz/10 g talaj/24 óra)				
	(3) Eredeti talaj	(4) Talaj + + desztillált víz (DV)	(5) Talaj + + DV + NPK	(6) Talaj + DV + + cellulóz	(7) Talaj + DV + + NPK + cell- ulóz
1. Órbottyán	4,9	7,1	4,3	9,6	9,6
2. Magyaregregy	44,2	44,8	47,1	66,9	61,6
3. Nagykanizsa	84,1	52,8	56,7	57,5	56,2
4. Kenyeri	80,5	59,7	64,3	66,3	64,0
5. Putnok	114,9	97,5	102,0	88,8	99,1
6. Ragály	154,8	112,0	118,6	132,7	128,1
7. Szentgyörgyvölgy	59,5	52,9	64,9	74,9	104,1
8. Keszthely	77,1	76,2	76,9	75,3	84,9
9. Nyírlúgos	6,4	8,5	8,3	10,3	13,8
10. Kompolt	155,7	173,0	181,7	187,4	193,0
11. Hajdúszoboszló	121,9	132,2	133,0	140,2	139,0
12. Mezőhegyes	119,3	103,9	117,7	115,8	129,5
13. Csávoly	175,7	191,1	194,4	183,8	186,5
14. Nagyhörsök	82,0	86,5	91,2	95,3	100,9
15. Martonvásár	111,6	116,3	115,7	114,9	125,7
16. Orosháza	89,7	88,9	82,5	87,5	98,4
17. Hajdúböszörmény	189,0	201,0	215,7	224,3	225,8
18. Karcag	220,9	240,7	239,0	239,2	239,5
19. Agyagosszergény	46,4	45,7	45,8	49,7	67,7
20. Hosszúhát	141,3	139,2	152,3	149,2	151,4
21. Tiborszállás	82,5	10,1	8,7	18,3	13,4
22. Új-Szeged	47,0	45,4	49,2	51,6	57,3
23. Magyaróvár	107,3	99,0	97,2	113,8	114,3
24. Szarvas	126,3	139,6	130,9	139,4	142,0
25. Ózsápuszta	69,3	62,9	65,6	69,8	70,4

a)  $SzD_{5\%}$  bármely két kombináció között = 16,6

$\text{KHCO}_3$  volt. Pótlólagos szénforrásként, 1%-os koncentrációban, kromatográfiás minőségű cellulózpor (Macherey—Nagel cég, MN 30) került alkalmazásra. Az inkubáció 28 °C-os termosztátban 8 héten át tartott. A respirációs érlelés után a szacharázaktivitás meghatározásához elkülönített talajmintarészt kiszárítottuk, s légszáraz állapotban, laboratóriumi hőmérsékleten tároltuk a vizsgálatok elvégzéséig.

A talajok szacharázaktivitásának meghatározását GALSZTJAN (cit. in [6]) általunk módosított módszere szerint végeztük. A légszáraz, növényi részekről megtisztított talajt megőröltük, 1 mm-es lyukbőségű szitán átszittaltuk, majd 5 g talajt 100 cm<sup>3</sup>-es Erlenmeyer-lombikba mértünk. Ezt követően 5—6 csepp toluolt, 10 cm<sup>3</sup> acetátpuffert (pH 4,8) és 10 cm<sup>3</sup> 5%-os szacharózoldatot adtunk hozzá. A lombikokat gumidugóval lezártuk, majd 30 perc rázatás után 37 °C-os termosztátba helyeztük. Az inkubációs idő 24 óra volt. Kontrollként 180 °C-on száraz hővel 3 órán át sterilizált talajmintákat használtunk, valamint a talaj nélküli reakcióelegyet. A vizsgálatokat három ismétlésben végeztük. Az inkubációt követően a szuszpenziót szűrőpapíron keresztül szűrtük, majd desztillált vízzel 100 cm<sup>3</sup>-re egészítettük ki. A szűrletben a redukáló cukrok mennyiségét SCHOORL szerint [13] határoztuk meg. A szacharázaktivitás értékeit mg glukóz/10 g légszáraz talaj/24 óra egységben adtuk meg.

A vizsgálati adatok megbízhatóságát variancia-analízissel bíráltuk el. A kísérleti alapadatokat kéttényezős, teljes véletlen elrendezésnek megfelelően értékeltük [15]. Ebben az esetben az „A” tényező a talajféleség, a „B” tényező pedig a kezelés volt (eredeti talaj, valamint NPK, illetve cellulóz hozzáadása mellett és anélkül érlelt talajminták).

A talajfizikai, -kémiai paraméterek és respirációs mutatók, valamint a talajok szacharázaktivitása közötti összefüggések szorosságát többváltozós lineáris regresszió-analízissel vizsgáltuk, függő változónak az enzimaktivitás értékeit, független változóknak pedig a talajsajátságok rendelkezésre álló mutatóit tekintve.

### A kísérleti eredmények és értékelésük

A 25 különböző magyarországi talaj eltérő kezelésű mintái szacharázaktivitásának adatait a 2. táblázatban mutatjuk be, a bármely két kombináció összehasonlítására alkalmas SzD<sub>5%</sub> feltüntetésével.

A variancia-analízis F-próbája 99,9%-os valószínűségi szinten szignifikáns különbségeket igazolt mind a talajféleségek, mind pedig a különböző kezelésű minták esetében; tehát a szacharázaktivitás nagymértékben változott talajféleségek, de az egyes kezelések szerint is.

A 2. táblázatból kitűnik, hogy a legkisebb szacharázaktivitási értékeket a nyírlúgosi és örbottyáni laza homoktalajról származó mintákban, míg a legmagasabb értékeket a Hajdúböszörményből és Karcagról származó réti szolonyec, valamint a Csávolyról származó csernozjom talaj mintáiban mértük. Jól szemléltetik a szacharázaktivitás talajféleségektől függő alakulását a talajonként, a kezelések átlagában kifejezett szacharázaktivitási mutatók, melyeket a 3. táblázatban adunk meg.

A 2. táblázat adataiból látható az is, hogy a talajminták kezelésétől függően is felléptek szignifikáns különbségek a szacharázaktivitási értékek között.

A kezeletlen eredeti talajminták szacharázaktivitása néhány talaj esetében a szignifikáns különbséget meghaladóan fölülmúlta a csak nedvesített, vagy nedvesen,

3. táblázat

## A vizsgált talajok szacharázaktivitása a NPK- és cellulózkezelések átlagában

(1) A talajminta sorszáma és származási helye	(2) Szacharázaktivitás (mg glükóz/10 g talaj/24 óra)	(1) A talajminta sorszáma és származási helye	(2) Szacharázaktivitás (mg glükóz/10 g talaj/24 óra)
1. Örbottyán	7,3	14. Nagyhorcsók	91,2
2. Magyaregregy	52,9	15. Martonvásár	116,8
3. Nagykanizsa	61,5	16. Orosháza	89,4
4. Kenyeri	67,0	17. Hajdúböszörmény	211,2
5. Putnok	100,5	18. Karcag	235,9
6. Ragály	129,2	19. Agyagosszergény	51,0
7. Szentgyörgyvölgy	71,3	20. Hosszúhát	146,7
8. Keszthely	78,1	21. Tiborszállás	26,6
9. Nyírlugos	9,5	22. Új-Szeged	50,1
10. Kompolt	178,2	23. Magyaróvár	106,3
11. Hajdúszoboszló	133,2	24. Szarvas	135,7
12. Mezőhegyes	117,2	25. Ózsápuszta	67,6
13. Csávoly	186,3	a) SzD <sub>5%</sub> (a kezelések átlagában)	7,42

NPK-tápanyag hozzáadása mellett érlelt talajmintákban mért értéket. Ezek a talajok a nagykanizsai, ragályi, kenyeri és putnoki erdőtalajok, valamint a tiborszállási láptalaj voltak. De ugyanezen talajok cellulóz vagy cellulóz + NPK hozzáadása mellett érlelt talajmintáinak szacharázaktivitása is a szignifikáns különbséget meghaladóan vagy ahhoz közeli értékkel elmaradt az eredeti talajmintáétól. Különösen szembevető a Tiborszállásról származó érlelt láptalajminták alacsony szacharázaktivitása.

A többi talaj esetében tendenciaként jelentkezett, hogy a cellulóz, illetve cellulóz + NPK kezelésű minták szacharázaktivitása felülmúlta a csak nedvesített, illetve nedvesített NPK kezelésű talajmintáét, sőt az eredeti kezeletlen talajét is.

A 4. táblázatban mutatjuk be a szacharázaktivitás alakulását a talajok átlagában számított kezeléshatásokkal. A táblázatban közölt adatokból kitűnik, hogy a talajok átlagában számítva az eredeti kezeletlen talaj szacharázaktivitása szignifikánsan felülmúlja a csak nedvesítés mellett érlelt talajmintáét. A respirációs kísérletből származó talajminták közül a cellulóz és a cellulóz + NPK kezelésű minták szacharázaktivitása szignifikánsan meghaladta a csak nedvesített, illetve NPK hozzáadása mellett érlelt talajmintáét.

Mindezekből helyénvalónak látszik az a következtetés, hogy a talaj szacharázaktivitásának növekedése összefügg a mineralizálható szénforrás (cellulóz) bevitelével. A NPK kezelés is csupán cellulóz szénforrással együtt növelte szignifikánsan a szacharázaktivitást.

Figyelembe véve azt, hogy a különböző talajok fizikai és kémiai sajátosságai meghatározók lehetnek a szacharázaktivitás szempontjából, többváltozós lineáris regresszió-analízissel értékeltük néhány alapvető talajvizsgálati paraméter és a szacharázaktivitás közötti esetleges összefüggéseket. Függő változónak tekintettük a szacharázaktivitás értékeit, független változóknak pedig a talajtulajdonságok rendelkezésre álló mutatóit. Az összefüggések értékelését mind az eredeti talajok, mind az

értelt, NPK- és cellulóz kezelésű talajminták esetében elvégeztük. (Az értékelésből kimaradt a tiborszállási láptalaj (21.) extrém magas talajvizsgálati értékei miatt.) Az 5. táblázatban azokat az összefüggéseket tüntetjük fel, amelyek legalább 95%-os valószínűségi szinten szignifikánsak. Az adatok szerint az eredeti talajok szacharázaktivitásának értékei a talaj felvehető N-tartalmával és agyagtartalmával mutatták a legszorosabb összefüggést. Ugyancsak tapasztaltuk a NPK-val és cellulózzal kezelt

4. táblázat

A kezelések hatása a szacharázaktivitásra a 25 vizsgált talaj  
átlagában

(1) Kezelések	(2) Szacharázaktivitás (mg glükóz/10 g talaj/24 óra)
1. Eredeti talaj	101,8
2. Talaj + desztillált víz (DV)	95,5
3. Talaj + DV + NPK	98,6
4. Talaj + DV + cellulóz	102,5
5. Talaj + DV + NPK + cellulóz	107,0
a) SzD <sub>5%</sub> (a talajok átlagában)	3,3

talajok esetében is. Így a talajtulajdonsági mutatók közül elsősorban az eredeti talajminták felvehető N-tartalma, másodsorban pedig az agyagásvány-tartalom volt a szacharázaktivitás limitáló faktora. Ez arra enged következtetni, hogy a talajok szacharázaktivitásáért felelős mikroorganizmusok szaporodása és/vagy a növényi eredetű talajszacharázok mennyisége közvetlenül, vagy közvetve erősen függ a talajok felvehető nitrogéntartalmától, továbbá, hogy a nagy agyagásvány-tartalom kedvező feltételeket jelent az enzim akkumulálódásához. Ez utóbbi következtetés összhangban van a talajenzimek ismert akkumulációs mechanizmusával [1] és azokkal az irodalmi

5. táblázat

A többváltozós lineáris regresszióanalízisek eredményei

A többszörös lineáris regressziós egyenletek formája:  $Y_{sz} = b_0 + b_N N + b_A A$ ;

Függő változó (Y): szacharázaktivitás

(1) Kezelések	$b_0$	$b_N \pm s_{bN}$	$b_A \pm s_{bA}$	$R^2$
1. Eredeti talajminták	-36,4183	18,2723*** $\pm$ 3,3661	1,4562*** $\pm$ 0,3608	0,76***
2. Talaj + desztillált víz (DK)	-43,1948	17,6511*** $\pm$ 4,3696	1,6092** $\pm$ 0,4683	0,66***
3. Talaj + DV + NPK	-43,5970	18,3315*** $\pm$ 4,4251	1,6309** $\pm$ 0,4743	0,67***
4. Talaj + DV + cellulóz	-38,3319	16,4519** $\pm$ 4,4503	1,7563** $\pm$ 0,4770	0,66***
5. Talaj + DV + NPK + cellulóz	-30,8292	16,8225*** $\pm$ 4,3457	1,6716** $\pm$ 0,4658	0,66***

\*\*\*P = 99,9%; \*\*P = 99,0%

Sz: Szacharázaktivitás (mg glükóz/10 g talaj/24 óra)

A: a talaj agyagtartalma (%)

N: a talaj felvehető N-tartalma (mg/100 g talaj)

adatokkal, amelyek szerint az immobilizált enzimek bizonyos része képes megőrizni aktivitását [5].

Meglepő viszont, hogy eredményeink szerint a szacharázaktivitás nem mutatott összefüggést a talaj szervesanyag-tartalmával és  $\text{CO}_2$ -produkciójával, holott ilyen összefüggésekről is beszámol a szakirodalom [7, 17].

A parciális korrelációs koefficienseket tartalmazó 6. táblázatból látható, hogy a fenti összefüggéseken kívül a szacharázaktivitás korrelációban volt ugyan a talaj felvehető K-tartalmával és szervesanyag-tartalmával is, de a többi változó „kikapcsolásával”, illetve állandó értéken tartásával kapott összefüggések valós volta megkérdőjelezhető, így ezek további bizonyításra szorulnak.

### Összefoglalás

25 különböző helyről származó, jellemző magyarországi talajfeleségeket képviselő talaj szacharázaktivitását tanulmányoztuk. Vizsgálataink kiterjedtek az eredeti talajminták enzimaktivitásának összehasonlító értékelésére, talajérleléses laboratóriumi modellkísérletekben végzett NPK- és cellulózkezelés szacharázaktivitást befolyásoló szerepére, valamint a szacharázaktivitás és a talaj fizikai és kémiai sajátosságainak összefüggéseire az eredeti és a fenti kezelésekből származó talajminták esetében.

A 25 vizsgált talaj szacharázaktivitásának értékei egymástól lényegesen különböztek s igen széles határok között változtak. Mindez, valamint az aktivitás értékeinek viszonylagos állandósága a minták tárolása során alátámasztják több szerző azon megállapítását, hogy a szacharázaktivitás szintje jól használható mutató a különböző talajok jellemzésére.

A talajérleléses vizsgálat eredményei alapján megállapítható, hogy a NPK-kezelés önmagában nem volt számottevő hatással a 25 különböző talajminta szacharázaktivitására. A cellulóz, mint lebontható szénforrás talajba vitele növekedést okozott az aktivitás szintjében; ez a hatás lényegesen nagyobb volt a NPK + cellulóz kombinált kezelés esetében. A szacharázaktivitás növekedéséért elsősorban a mineralizálható szénforrás jelenléte volt a felelős, a NPK-tápanyagok csak ezzel együttesen gyakoroltak pozitív hatást az aktivitásra, azaz a szacharázaktivitásért felelős mikroorganizmusok szaporodására, illetve enzimtermelésére.

Eredményeink arra mutatnak, hogy az eredeti talajok és valamennyi kezelés-változat talajmintáinak szacharázaktivitása a legszorosabb összefüggésben a talaj felvehető N-tartalmával és agyagtartalmával volt.

A szacharázaktivitás nem mutatott közvetlen összefüggést a talajlégzés intenzitásával, de a talaj szervesanyag-tartalmával sem. Az előbbi alátámasztja azokat az irodalmi adatokat, miszerint az aktivitás szintje nincs szoros kapcsolatban a talaj aktuális mikrobiális aktivitásával, azaz az enzimek jelentős részben akkumulált formában található a talajokban.



## Irodalom

- [1] BURNS, R. G.: Enzyme activity in soil: location and a possible role in microbial ecology. *Soil Biol. Biochem.* **14**. 423—427. 1982.
- [2] CERVELLI, S., NANNIPIERI, P. & SEQUI, P.: Interactions between agrochemicals and soil enzymes. In: *Soil enzymes* (Ed.: R. G. BURNS). 251—293. Academic Press. London. 1978.
- [3] COPPOLA, S.: Soil microbial activities as affected by application of composted sewage sludge. In: *The influence of sewage sludge application on physical and biological properties of soils*. (Eds.: CATROUX, G., L'HERMITE, P. & SUESS, E.) 170—195. D. Reidel Co. Dordrecht. 1981.
- [4] GALSZTJAN, A. S.: Opredelenie aktivnoszti fermentov pocsv. Miniszersztvo szelszkogo hozajaszstva Armjanszkoi SzSZR, Naucsnoisszledovatel'szkij insztitut pocsvovedenija i agrohimii. Jerevan. 1978.
- [5] GALSZTJAN, A. S.: Ob usztojcsivoszti fermentov pocsv. *Pocsvovedenie*. (4) 108—110. 1982.
- [6] HAZIEV, F.: Fermentativnaja aktivnoszt' pocsv. Nauka. Moszkva. 1976.
- [7] HOFMANN, J. & PFITSCHER, A.: Korrelationen von Enzymaktivitäten im Boden. *Z. Pflanzenernaehr. Bodenk.* **145**. 36—41. 1982.
- [8] KHAN, S. U.: Enzymatic activity in a gray wooded soil as influenced by cropping systems and fertilizers. *Soil Biol. Biochem.* **2**. 137—139. 1970.
- [9] KISS, S., DRAGAN-BULARDA, M. & RADULESCU, D.: Soil polysaccharidases: activity and agricultural importance. In: *Soil enzymes* (Ed.: R. G. BURNS). Academic Press. London. 117—147. 1978.
- [10] ROSS, D. J. et al.: Restoration of pasture after topsoil removal: effects on soil carbon and nitrogen mineralization, microbial biomass and enzyme activities. *Soil Biol. Biochem.* **14**. 575—581. 1982.
- [11] SCHERBAKOV, A. P.: Effect of manuring on the enzymatic activity of soil. In: *Soil biology and conservation of the biosphere* (Ed.: J. SZEGI) 29—36. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1984.
- [12] SCHINNER, F. A., NIEDERBACHER, R. & NEUWINGER, I.: Influence of compound fertilizer and cupric sulfate on soil enzymes and CO<sub>2</sub>-evolution. *Plant and Soil*. **57**. 85—93. 1980.
- [13] SCHULEK E. & SZABÓ Z. L.: A kvantitatív analitikai kémia elvi alapjai és módszerei. Tankönyvkiadó, 3. kiadás. Budapest. 1973.
- [14] STADELMANN, X. & FURRER, O. I.: Influence of sewage sludge application on organic matter content, microorganisms and microbial activities of a sandy loam soil. In: *The influence of sewage sludge application on physical and biological properties of soils*. (Eds.: CATROUX, G., L'HERMITE, P. & SUESS, E.) 141—167. D. Reidel Co. Dordrecht. 1981.
- [15] SVÁB J.: Biometriai módszerek a mezőgazdasági kutatásban. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1967.
- [16] SZEGI, J., GULYÁS, F. & FÜLEKY, G.: Influence of soil properties on the biological activity. *Zbl. Microbiol.* **136**. 527—536. 1983.
- [17] VERSTRAETE, W. & VOETS, J. P.: Soil microbial and biochemical characteristics in relation to soil management and fertility. *Soil Biol. Biochem.* **9**. 253—258. 1977.

Érkezett: 1984. október 19.

## Comparative Study on Factors Influencing Saccharase Activity in Various Hungarian Soils

M. BREZOVCSIK-ANTAL and A. ANTON

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

### Summary

The results of soil incubation experiments carried out with 25 samples collected from representative Hungarian soil types have indicated that the main factor influencing saccharase activity is the presence of cellulose as a decomposable carbon source. NPK treatments, when applied together with cellulose, increase saccharase activity (i.e. the proliferation and enzyme production of microorganisms responsible for saccharase activity) even more.

The changes in the various soil characteristics, as well as the results of linear regression analysis have revealed that the saccharase activities of both the original soil samples and the treated ones are closely correlated with the available N contents and the clay contents of the soils.

No direct relationship of saccharase activity to the intensity of soil respiration or the organic matter content of the soil has been found. The former finding supports those data reported in the literature which indicate that the level of saccharase activity is not closely correlated with the actual microbial activity of the soil, that is, accumulated enzymes represent a considerable part of the soil's enzyme supply.

*Table 1.* Relevant physical and chemical properties and respiration activities of the soils used in the study. (1) Number and origin of the soil sample. (2) Soil type. a) calcareous, slightly humous sand; b) forest soil formed on Pannon clay; c) brown forest soil with clay illuviation; d) pseudogley brown forest soil; e) braunerde; f) brown forest soil with „kovárvány” (alternating thin layers of clay); g) chernozem brown forest soil; h) chernozem; i) calcareous chernozem; j) chernozem soil with forest remnants; k) chernozem, solonetz-like in deeper horizons; l) meadow solonetz; m) meadow solonetz turning into steppe formation; n) calcareous meadow soil; o) meadow soil; p) bog soil; r) Tisza-alluvium; s) Duna-alluvium; t) Körös-alluvium; u) clayey alluvial soil. (3) Available N, P, K, mg/100 g soil; (\*N: according to Waring—Bremner; P: according to Olsen; K: AL- [ammonium lactate] soluble.) (4) Exchangeable  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$ , mg/100 g soil. (6) Ratio of physical clay (%) to physical sand (%). (7) Organic matter content, %. (8) Soil respiration,  $\text{CO}_2$  “C” mg/100 g soil/8 weeks.

*Table 2.* Saccharase activities of the soils as affected by the various treatments. (1) Number and origin of the soil sample. a) C. D. value at 5% for any two combinations: 16.6. (2) Saccharase activity, mg glucose/10 g soil/24 hours. (3) Original soil. (4) Soil + distilled water (DV). (5) Soil + DV + NPK. (6) Soil + DV + cellulose. (7) Soil + DV + NPK + cellulose.

*Table 3.* Saccharase activities of the studied soils on the average of the NPK and cellulose treatments. For (1) (2) see Table 2. a) C. D. values at 5% (on the average of treatments).

*Table 4.* Saccharase activities as affected by the treatments on the average of the 25 soils used in the study. (1) Treatments. 1. Original soil; 2. Soil + distilled water (DV); 3. Soil + DV + NPK; 4. Soil + DV + cellulose; 5. Soil + DV + NPK + cellulose. a) C. D. values at 5% (on the average of soils). For (2) see Table 2.

*Table 5.* Data obtained by multiple linear regression analysis. (Multiple linear regression equation:  $Y_{sz} = b_0 + b_N N + b_A A$ ; dependent variable (Y): saccharase activity.) For (1) see Table 4. Significant correlation at the probability level of 99% (\*\*) and 99.9% (\*\*\*). Sz: saccharase activity, mg glucose/10 g soil/24 hours. A: clay content of the soil, %. N: available N content of the soil, mg/100 g soil.

*Table 6.* Partial coefficients of correlations between the various soil properties and saccharase activities (24 pairs of data). For (1) see Table 4. (2) N (according to Waring—Bremner); (3) Olsen-P; (4) AL soluble K; (5) Exchangeable  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$ , mg/100 g soil. (6) Clay, %. (7) Organic matter, %, (according to Tyurin). (8) Soil respiration,  $\text{CO}_2$  "C" mg/100 g soil. Significant correlation at the probability level of 99.9% (\*\*\*) , 99% (\*\*) and 95% (\*).

## Vergleich der Saccharase-Aktivität einiger ungarischer Böden

M. BREZOVCSIK-ANTAL und A. ANTON

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

### Zusammenfassung

Aufgrund von Untersuchungsergebnissen, die bei der Inkubation von 25 charakteristischen ungarischen Bodenproben gewonnen wurden, konnte festgestellt werden, dass für die Zunahme der Saccharase-Aktivität in erster Linie die Zellulose, als eine mineralisierbare Kohlenstoffquelle verantwortlich ist. Die NPK-Nährstoffe haben nur zusammen mit Zellulose eine wesentlich grössere positive Wirkung auf die Saccharase-Aktivität, d. h. auf die Vermehrung der für die Saccharase-Aktivität verantwortlichen Mikroorganismen, bzw. auf ihre Enzymproduktion ausgeübt.

Die lineare multivariable Regressionsanalyse, durchgeführt zwischen den verschiedenen Kennwerten der Bodeneigenschaften und den Saccharase-Aktivitätswerten, weist darauf hin, dass die Saccharase-Aktivität der ursprünglichen Bodenproben und ihrer auf verschiedene Weise behandelten Varianten in allerengstem Zusammenhang mit dem im Boden in aufnehmbarer Form anwesenden Stickstoffgehalt und dem Tongehalt stehen.

Die Saccharase-Aktivität zeigte keinen direkten Zusammenhang mit der Intensität der Bodenatmung, aber auch keinen solchen mit dem Gehalt der Böden an organischen Stoffen. Ersteres unterstützt jene Literaturangaben, wonach die Stärke der Saccharase-Aktivität in keinem engen Zusammenhang mit der aktuellen mikrobiellen Aktivität der Böden steht, d. h. dass der Enzymvorrat zu einem bedeutenden Teil in akkumulierter Form in den Böden auffindbar ist.

*Tab. 1.* Chemische und physikalische Eigenschaften der untersuchten Böden und ihre Respirationsaktivität. (1) Bezeichnung und Herkunftsort der Bodenprobe. (2) Bodentyp. a) kalkhaltiger, schwach humoser Sandboden; b) Waldboden auf pannonischem Ton; c) brauner Waldboden mit Toneinwaschungen; d) pseudogley brauner Waldboden; e) Ramann'scher brauner Waldboden; f) brauner Waldboden mit „Kovárvány“-Bildung; g) Tschernosembrauner Waldboden; h) Tschernosem; i) Tschernosem mit Kalkhüllen; j) Tschernosem mit Waldresten; k) Tschernosem mit Solonetzbildung in tiefen Schichten; l) Wiesen-Solonetz; m) verstepender Wiesen-Solonetz. n) karbonathaltiger Wiesenboden; o) Wiesenboden; p) Moorboden; r) Alluvialboden bei der Theiss; s) Alluvialboden bei der Donau; t) Alluvialboden bei dem Körös; u) tonhaltiger Alluvialboden. (3) Aufnehmbares N, P, bzw. K, mg/100 g Boden. (\*N: nach Waring-Bremner; P: nach Olsen; K: nach der AL-Methode.) (4) Austauschbares  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$ , mg/100 g Boden. (5) Verhältnis von physikalischem Ton (in %) zu physikalischem Sand (in %). (6) Gehalt an organischen Stoffen, %. (7) Bodenatmung,  $\text{CO}_2$  „C“ mg/100 g Boden/8 Wochen.

*Tab. 2.* Saccharase-Aktivität der Bodenproben als Ergebnis der verschiedenen Behandlungen. (1) Bezeichnung und Herkunftsort der Bodenprobe; a)  $\text{GD}_{5\%}$  zwischen je zwei beliebigen Kombinationen = 16,6. (2) Saccharase-Aktivität, mg Glukose/10 g Boden/24 Stunden. (3) Ursprünglicher Boden. (4) Boden + destilliertes Wasser (DV). (5) Boden + DV + NPK. (6) Boden + DV + Zellulose. (7) Boden + DV + NPK + Zellulose.

Tab. 3. Saccharase-Aktivität der untersuchten Böden im Mittel der NPK-, sowie Zellulose-Behandlungen. (1) Bezeichnung und Herkunftsort der Bodenprobe. a)  $GD_{50}$  (im Mittel der Behandlungen). (2) Saccharase-Aktivität, mg Glukose/10 g Boden/24 Stunden.

Tab. 4. Einfluss der Behandlungen auf die Saccharase-Aktivität im Mittel der 25 untersuchten Böden. (1) Behandlungen. 1. Ursprünglicher Boden; 2. Boden + destilliertes Wasser (DV); 3. Boden + DV + NPK; 4. Boden + DV + Zellulose; 5. Boden + DV + NPK + Zellulose; a)  $GD_{50}$  (im Mittel der Böden). (2) Saccharase-Aktivität, mg Glukose/10 g Boden/24 Stunden.

Tab. 5. Ergebnisse der linearen multivariablen Regressionsanalyse (Gleichung der linearen multivariablen Regressionsanalyse:  $Y_{sz} = b_0 + b_N N + b_A A$ ; abhängige Variable (Y): Saccharase-Aktivität. (1) s. Tab. 4. \*\*\*P = 99,9%; \*\*P = 99,0%; Sz = Saccharase-Aktivität, mg Glukose/10 g Boden/24 Stunden; A = Tongehalt des Bodens, %. N = aufnehmbarer N-Gehalt des Bodens, mg/100 g Boden.

Tab. 6. Partielle Korrelationskoeffizienten zwischen den verschiedenen Bodeneigenschaften und der Saccharase-Aktivität (24 Datenpaare). (1) Behandlungen. 1—5.: s. unter Tab. 4. (2) N nach Warring-Bremner. (3) P nach Olsen. (4) AL—K. (5) Austauschbares  $Ca^{2+}$  und  $Mg^{2+}$ , mg/100 g Boden. (6) Ton, %. (7) Gehalt an organischen Stoffen, % (bestimmt nach Tyurin). (8)  $CO_2$  „C“, mg/100 g Boden. \*\*\*P = 99,9%; \*\*P = 99,0%; \*P = 95,0%.

## Сравнительные исследования активности сахаразы различных венгерских почв

М. БРЕЗОВЧИК-АНТАЛ и А. АНТОН

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии Венгерской Академии Наук, Будапешт

### Резюме

На основе результатов опытов с инкубированием 25-ти образцов характерных венгерских почв установили, что на увеличение активности сахаразы влияло, в первую очередь, присутствие целлюлозы, как минерализуемого источника углерода. NPK только вместе с ней оказали более значительное положительное влияние на активность, т. е. на размножение микроорганизмов, отвечающих за активность сахаразы, или на производство ферментов.

Результаты линейного регрессионного анализа со многими переменными, характеризующего зависимости между показателями различных свойств почв и активностью сахаразы, показали, что активность сахаразы, в исходных и обработанных почвенных образцах находится в самой тесной зависимости с содержанием в почве усвояемого азота и глины.

Не установили прямой связи активности сахаразы ни с содержанием органического вещества, ни с интенсивностью дыхания почвы. Вышеуказанное подтверждает литературные данные, говорящие о том, что нет тесной зависимости между уровнем активности и актуальной микробальной активностью почв, т. е., что значительная часть запасов ферментов находится в почве в аккумулятивной форме.

Табл. 1. Химические и физические свойства изученных почв и активность респирации. (1) Номер образца и место взятия. (2) Тип почвы. а) карбонатный, слабо гумусированный песок; б) лесная почва на паннонской глине; с) иллимизированная бурая лесная почва; д) псевдоглеевая бурая лесная почва; е) бурая лесная почва по Раманну; ф) коваранная бурая лесная почва; г) черноземовидная бурая лесная почва; h) чернозем; i) мицелярный чернозем; j) лесобасточный чернозем; к) глубоководный чернозем; l) луговой солонец; m) остепняющийся луговой солонец; n) карбонатная луговая почва; o) луговая почва; p) болотная почва; r) аллювий Тиссы; s) аллювий Дуная; t) аллювий

Кёрёша; и) глинистый аллювий. (3) Усвояемые\* азот, фосфор и калий, мг/100 г почвы. (\*азот: по Варринг-Бремнер; Р: по Ольсен; К: растворением в АЛ). (4) Обменные  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , мг/100 г почвы. (6) Соотношение физической глины и физического песка, %. (7) Содержание органического вещества, %. (8) Дыхание почвы,  $\text{CO}_2$  „С“ мг/100 г почвы/8 недель.

*Табл. 2.* Формирование сахаразной активности почвенных образцов под влиянием различных обработок. (1) Порядковый номер почвенного образца и место взятия; а) СНР между двумя любыми комбинациями = 16,6. (2) Активность сахаразы, мг глюкозы/10 г почвы/24 часа. (3) Исходная почва. (4) Почва + дистиллированная вода (DV). (5) Почва DV + NPK. (6) Почва + DV + целлюлоза. (7) Почва + DV + NPK + целлюлоза.

*Табл. 3.* Активность сахаразы изученных почв в среднем по вариантам NPK и целлюлозы. (1) Порядковый номер почвенного образца и место взятия. а)  $\text{CHP}_{5\%}$  (в среднем по вариантам). (2) Активность сахаразы, мг глюкозы/10 г почвы/24 часа.

*Табл. 4.* Влияние обработок на активность сахаразы в среднем по 25 почвенным образцам. (1) Обработки. 1. Исходная почва; 2. Почва + дистиллированная вода (DV); 3. Почва + DV + NPK; 4. Почва + DV + целлюлоза; 5. Почва + DV + NPK + целлюлоза; а)  $\text{CHP}_{5\%}$  (в среднем по почвам). (2) Активность сахаразы, мг глюкозы/10 г почвы/24 часа.

*Табл. 5.* Результаты линейного регрессионного анализа со многими переменными (форма линейных регрессионных уравнений со многими переменными:  $Y_{sz} = b_0 + b_N N + b_A A$ ; Зависимая переменная (Y): активность сахаразы). (1) Смотри в таблице 4. \*\*\*P = 99,9%; \*\*P = 99,0%; Sz = активность сахаразы, мг глюкозы/10 г почвы/24 часа; A: содержание в почве глины (глина: глина + песок, %). N: содержание в почве усвояемого азота, мг/100 г почвы.

*Табл. 6.* Парциальные корреляционные коэффициенты между различными почвенными свойствами и активностью сахаразы (24 пары данных). (1) Обработки: от 1 до 5 смотри в таблице 4. (2) Азот (по Варринг-Бремнер). (3) Р по Ольсену. (4) АЛ-К. (5) Обменные  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  мг/100 г почвы. (6) Глина, %. (7) Органическое вещество, % (По Тюрину). (8)  $\text{CO}_2$  „С“, мг/100 г почвы. \*\*\*P = 99,9%; \*\*P = 99,0%; \*P = 95,0%.